

УДК 621.315.6

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЛАГОСОДЕРЖАЩИХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Т.В. БОРБОТЬКО, С.Э. АФАНАСЕНКО, А.Л. ГУРСКИЙ, Н.В. РЖЕУЦКИЙ*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь*

**Институт физики им. А.Б. Степанова НАН Беларуси,
пр-т. Независимости, 68, Минск, 220072, Беларусь*

Поступила в редакцию 8 февраля 2011

Приведены результаты исследования влияния температуры на оптические свойства влаго-содержащих и композиционных материалов.

Ключевые слова: влагосодержащий материал, композиционный материал, спектры светорассеяния.

Введение

Возможности современных методов дистанционного мониторинга позволяют обеспечить измерение пространственных, временных и угловых зависимостей энергетических, спектральных и поляризационных характеристик поля излучения Земли и объектов на ее поверхности. Активное использование средств дистанционного зондирования, размещаемых на воздушных и космических носителях, вносит ощутимый вклад в обеспечение задач изучения, контроля и прогноза природных сред несмотря на периодичность съемки в течение года, закрытость регионов облачностью, слабое пространственное или спектральное разрешение [1]. Использование данных мероприятий в задачах обнаружения и классификации различных объектов приводит к проблеме возникновения оптического канала утечки информации, посредством которого возможна регистрация демаскирующих признаков различных объектов (форма, размер, структура поверхности и т.д.) [2]. Такая априорная информация позволяет сделать вывод о назначении объекта и принять решение о необходимости дальнейшего наблюдения за ним.

Блокирование оптического канала утечки информации обеспечивается за счет скрытия объекта с использованием средств защиты (оптических искусственных масок), основным назначением которых является уменьшение различий между яркостью маскируемого объекта и фона, а также изменение геометрической формы объекта и тени от него в комплексе с использованием видовых свойств местности [3]. Применение для скрытия объекта оптических искусственных масок, окрашенных в соответствие с цветом окружающего объект ландшафта, обеспечивает спектральное подобие средства защиты и окружающей природной среды без воспроизведения ее поляризационных свойств [1], что обусловлено отсутствием в материале средства защиты компонентов природных сред.

В ранее проведенных исследованиях [4] было показано, что использование влагосодержащих материалов позволяет снизить яркостный контраст маскирующих материалов, в частности машинно-вязаного полотна с деформирующей окраской в видимом диапазоне длин волн, причем взаимодействие света с таким материалом характеризуется рассеянием Мандельштама–Бриллюэна и приводит к его деполаризации. Для более детального воспроизведения спектрально-поляризационных характеристик природных сред, в частности растительности, были изучены спектры светорассеяния для композиционных материалов, содержащих в себе моло-

тый лавр [5, 6]. Особенности взаимодействия света с подобными материалами определяются неоднородностями поверхности, размер, расстояние и взаимное расположение которых определяют характер взаимодействия света с ними [7]. Спектрально-поляризационные характеристики композиционного материала с наполнителем растительного происхождения (сухой лавр) соответствуют аналогичным характеристикам окружающего фона, на котором обеспечивается скрытие объекта, что существенно затрудняет обнаружение и анализ демаскирующих признаков объекта и средства защиты в целом.

Целью данной работы являлось исследование влияния температуры воздуха на оптические характеристики (спектры светорассеяния) влагосодержащих и композиционных материалов, что является важным для определения условий эксплуатации таких материалов.

Методика проведения эксперимента

Для исследования спектров светорассеяния образцов материалов в видимом и ближнем ИК диапазонах длин волн (400...1100 нм) в условиях отрицательных температур использовалась холодильная камера, в которую помещался для охлаждения исследуемый образец. Температура в камере контролировалась с помощью термодпары (точность измерения $\pm 0,5^\circ\text{C}$). Для исключения выпадения росы при охлаждении образцов холодильная камера продувалась жидким азотом.

В качестве источника света использовалась галогеновая лампа, свет которой через диафрагму, ультрафиолетовый фильтр и кварцевое стекло, размещенное в холодильной камере, падал на исследуемый образец. Угол падения пучка света (γ) составлял 5° (рис. 1). Светорассеяние образца материала регистрировалось широкодиапазонным спектрометром Solar Laser Systems S 100 (спектральное разрешение 1 нм) и документировалось с помощью персонального компьютера. Питание осветительной лампы стабилизировалось и контролировалось, поэтому яркость источника освещения не изменялась в процессе измерений.

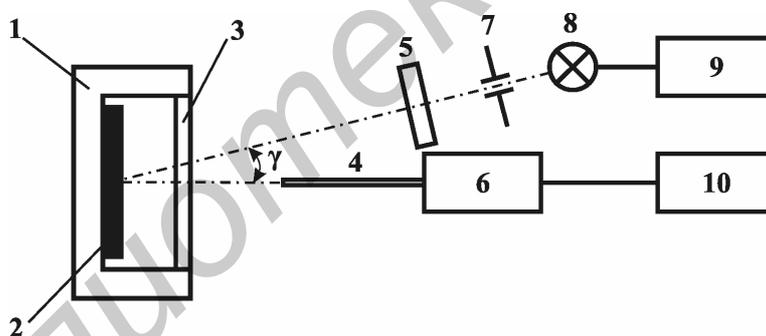


Рис. 1. Схема измерительной установки: 1 – холодильная камера; 2 – исследуемый образец; 3 – кварцевое стекло; 4 – световод; 5 – УФ фильтр; 6 – широкополосный спектрометр S 100; 7 – диафрагма; 8 – галогеновая лампа; 9 – стабилизированный источник питания; 10 – персональный компьютер

Для исследования был изготовлен образец материала, состоящий из торфа, закрепленного в связующем веществе, в качестве которого использовался силикон (рис. 2). Отдельные компоненты синтезируемого материала тщательно смешивались в равных пропорциях до образования вязкой массы. Равномерность распределения в связующем веществе торфа контролировалась визуально. Полученная масса формовалась в листы и подвергалась сушке при комнатной температуре.

Результаты и обсуждение

Для исследования влияния температуры на оптические свойства композиционных и влагосодержащих материалов были подготовлены образцы размером 10x10 см, один из которых представлял собой машинно-вязаное полотно, выполненное на основе полиакрилонитрильных волокон (ПАН), пропитанное 10%-м водным раствором хлорида натрия (NaCl), а вто-

рой – композиционный материал с наполнителем из молотого сухого лаврового листа, закрепленный в связующем веществе (силикон) (рис. 2).

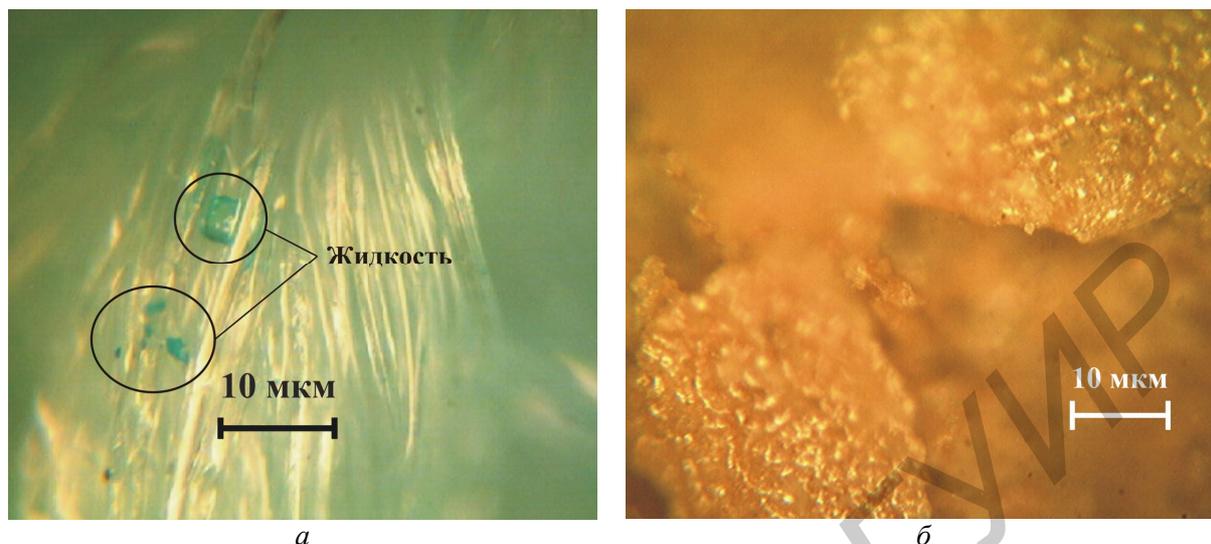


Рис. 2. Микрофотографии фрагментов исследуемых образцов, выполненных на основе влагосодержащего волокнистого ПАН (а) и сухого лавра (б)

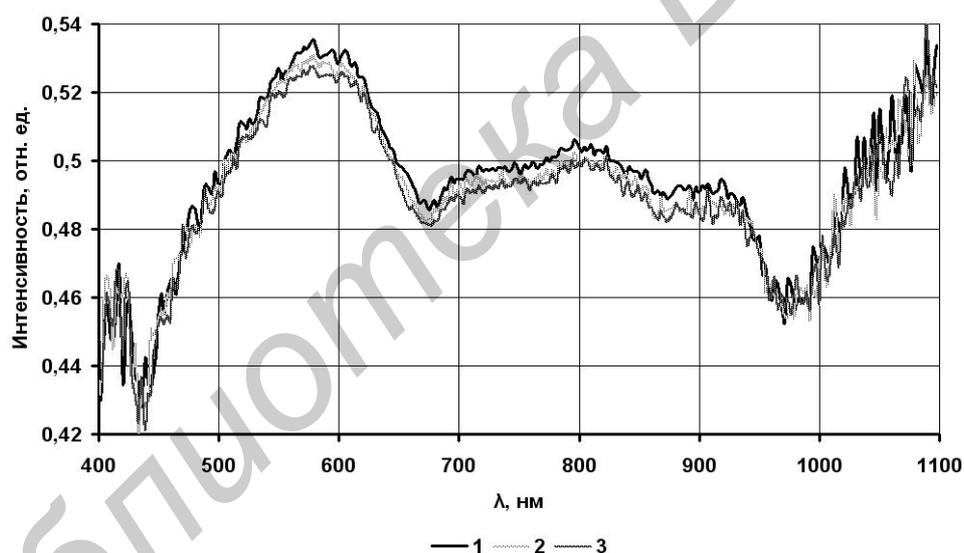


Рис. 3. Зависимость интенсивности рассеяния света от длины волны волокнистым ПАН, пропитанным 10%-м водным раствором NaCl: при температуре воздуха: 1 – +11°C, 2 – –15°C, 3 – –27°C

На основе анализа результатов измерений установлено, что в спектрах светорассеяния первого образца при изменении температуры воздуха от 11°C до –27°C наблюдается снижение интенсивности отраженного света от поверхности исследуемого материала не более, чем на 0,006 отн. ед. в диапазоне длин волн 400...1100 нм, вследствие изменения показателя преломления растворного наполнителя, закрепленного в объеме материала (рис. 3). Для композиционного материала на основе молотого лаврового листа интенсивность отраженного света при изменении температуры от 13°C от –25°C уменьшается с понижением температуры менее –16°C не более, чем на 0,03 в диапазоне длин волн 400...1100 нм (рис. 4).

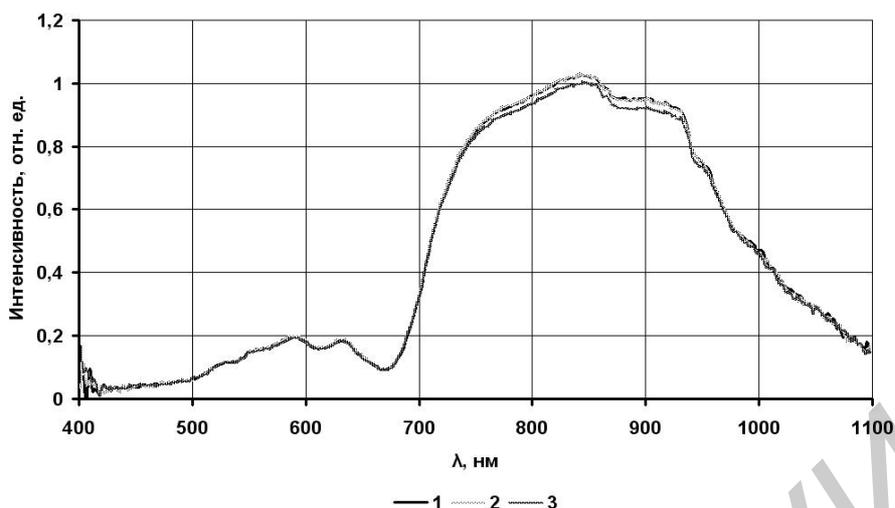


Рис. 4. Зависимость интенсивности рассеяния света от длины волны композиционным материалом с наполнителем из сухого лавра: при температуре воздуха: 1 – +13°C, 2 – –16°C, 3 – –25°C

Заключение

На основе результатов исследования установлено, что с понижением температуры до -27°C для влагосодержащих материалов (волокнистый ПАН, пропитанный 10%-м водным раствором NaCl) наблюдается незначительное уменьшение интенсивности отраженного света не более, чем на 0,006 отн. ед. в диапазоне длин волн 400...1100 нм, за счет изменения показателя преломления поверхности исследуемого материала, что обусловлено наличием в материале свободной воды, не замерзающей при данных температурах. Для композиционного материала на основе молотого сухого лавра интенсивность отраженного света уменьшается на 0,03 отн. ед. в ближнем инфракрасном диапазоне (750...1100 нм) за счет изменения оптических характеристик связующего вещества от температуры. Таким образом, предложенные материалы могут быть использованы в конструкциях спектрально-поляризационных имитаторах, характеризующихся стабильным светорассеянием при понижении температуры воздуха до -27°C .

TEMPERATURE EFFECT ON OPTICAL PROPERTIES OF MATERIALS INCLUDING WATER SOLUTIONS AND COMPOSITES

T.V. BORBOTKO, S.E. AFANASENKO, A.L. GURSKII, N.V. RZHEUTSKII

Abstract

Results of examination of temperature effect on optical properties of materials including water solutions and composites are given.

Литература

1. *Беляев Б.И., Катковский Л.В.* Оптическое дистанционное зондирование. Минск, 2006.
2. *Торокин А.А.* Инженерно-техническая защита информации. М., 2005.
3. *Лыньков Л.М., Борботько Т.В., Хижняк А.В.* // Наука и военная безопасность. 2006. №4. С. 27–29.
4. *Лыньков Л.М., Беляев Б.И., Беляев Ю.В. и др.* // Сборник научных статей Военной академии Республики Беларусь. 2005. № 8. С. 74–76.
5. *Борботько Т.В., Беляев Ю.В.* // Журнал прикладной спектроскопии. 2008. Т. 75. № 3. С.419–421.
6. *Лыньков Л.М., Павлович М.С., Борботько Т.В. и др.* // Вестник Военной академии Республики Беларусь. 2009. №2. С. 73–77.
7. *Ван де Хюлст Г.* Рассеяние света малыми частицами. М., 1961.
5. *Меньшаков Ю.К.* Защита объектов и информации от технических средств разведки. М., 2002.